

Rancang Bangun Troli/Meja Kerja untuk Mengoptimalkan Proses Assembly Static Inverter (SIV) PT Industri Kereta Api (Persero) Madiun – Jawa Timur

Dhoni Kurniawan^{1,*}, Soeparno Djiwo¹

¹ Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Malang

Kata kunci

Workbench
Static Inverter (SIV)
FEM
ASTM A36
AL 6061

ABSTRAK

This research was conducted at PT INKA (Persero), the purpose of this research is to solve problems related to the Static Inverter (SIV) assembly process. The limitations of PT INKA (Persero) are production support tools, the time required, the assembly results are not optimal, and the need for ongoing maintenance. To overcome these problems, it is required to design a trolley / SIV work bench. This research has conducted a stress analysis on the trolley/workbench SIV, by reviewing Von Mises, displacement, and safety factor in ANSYS. The parameters of the stress analysis results can be obtained from the finite element method calculation. The results showed that the trolley / work bench SIV using mild steel material with a load capacity of 700 kg / 6867 N resulted in a von mises stress value of 32.484 Mpa, deformation value of 0.2241 mm, safety factor value of 7.6961. At a load of 2000 kg / 19620 N results in a von mises stress value of 92, 811 Mpa, a deformation value of 0.64209 mm, a safety factor value of 2.6936. The use of 6061 T-6 aluminum material with a load capacity of 700 kg / 6867 N results in a von mises stress value of 39.123 Mpa, a deformation value of 0.22406 mm, a safety factor value of 6.3902. At a load of 2000 kg / 19620 N results in a von mises stress value of 111.78 Mpa, a deformation value of 0.64017 mm, a safety factor value of 2.2366. The trolley / work bench SIV design using mild steel material is preferable because it has a lower von mises stress value, smaller deformation and a higher safety factor.

* **Corresponding author:**
Dhoni Kurniawan (email: Dhonikurniawan234@gmail.com)

Diterima: 5 September 2024

Disetujui: 22 September 2024

Dipublikasikan: 31 Oktober 2024

1. PENDAHULUAN

Saat ini, PT. INKA (Persero) berusaha menyelesaikan masalah terkait proses perakitan *Static Inverter* (SIV) di PT INKA (Persero). Kendala yang muncul adalah alat pendukung produksi, waktu yang diperlukan, hasil perakitan tidak maksimal, atau kebutuhan perawatan yang berlanjut. Ini bisa menjadi tantangan bagi PT INKA khususnya di departemen Sistem Komponen Tier 1 untuk meningkatkan efisiensi assembly Static Inverter (SIV). Material handling merupakan aktivitas seperti mengangkat, mendorong, memutar, membawa, dan menahan. Menurut OHSC, batas pengangkatan tanpa alat bantu adalah 34 hingga 40 kg[1]. Dalam industri manufaktur kereta api, optimalisasi proses produksi menjadi kunci untuk meningkatkan efektivitas pekerjaan, waktu, biaya, dan produktivitas. Peningkatan efisiensi dalam proses assembly dapat berkontribusi secara signifikan terhadap peningkatan produksi kereta api.

Dari permasalahan diatas, penelitian ini memberikan solusi yaitu pembuatan desain troli/meja kerja static inverter (SIV) yang ergonomis dan efisien untuk mengoptimalkan proses perakitan Static Inverter (SIV). Troli dapat membantu pekerjaan MMH dan tetap memberikan kenyamanan dalam pengerjaan, sehingga pekerjaan dapat diselesaikan dengan lebih efektif dan optimal[2]. Desain meja kerja yang dirancang dengan baik dapat meningkatkan produktivitas pekerja, mengurangi kelelahan, mengurangi waktu untuk melakukan pemindahan Static Inverter, dan meminimalisir resiko cedera.

Penelitian ini berfokus pada pemberian pembebanan pada meja kerja Static Inverter (SIV) untuk mengidentifikasi bagian-bagian dari komponen yang rentan terhadap beban dan kemungkinan kerusakan akibat

beban berlebih. Penelitian ini akan melakukan analisis tegangan pada meja kerja static inverter (SIV) menggunakan material mildsteel dan aluminium 6061 dengan meninjau Von Misess, displacement, dan safety factor di ANSYS. Parameter tersebut dapat diperoleh dari perhitungan metode elemen hingga/ *finite element method*.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan desain dan prototipe meja kerja Static inverter yang baik dan dapat membantu mengatasi kesulitan yang dialami teknisi selama proses assembly static inverter dan keselamatan kerja, efisiensi penggunaan energi dan peningkatan kondisi kerja

2. METODE PENELITIAN

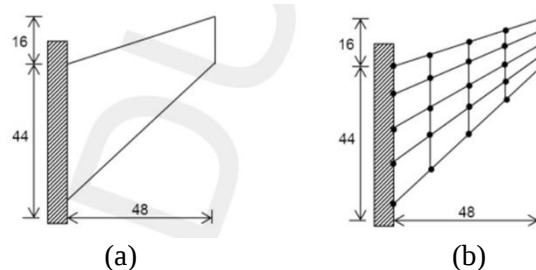
1. Metode Perancangan Desain

Metode perancangan desain melibatkan serangkaian langkah sistematis untuk mengembangkan produk atau sistem yang memenuhi persyaratan dan spesifikasi tertentu. Saat merancang troli / meja kerja untuk SIV metode yang diterapkan berdasarkan studi literatur dan studi lapangan dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik setiap proyek atau industri. Dalam penelitian ini digunakan software Autodesk Inventor Profesional 2023 untuk membuat desain troli / meja kerja SIV.

2. Metode Elemen Hingga

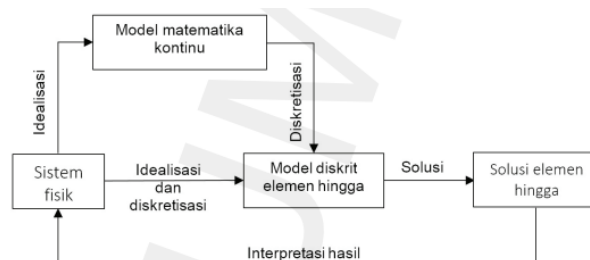
Metode Elemen Hingga (MEH) merupakan salah satu metode numerik yang dapat diterapkan untuk mengatasi berbagai permasalahan di bidang reanalisis, seperti analisis struktur, panas, dan analisis aliran fluida. Alasan penelitian ini menggunakan MEH karena metode elemen hingga saat ini sering dipakai di berbagai industri, dan salah satu contohnya adalah industri kereta api. Dengan bantuan metode elemen hingga proses analisis dan evaluasi yang mencakup semua aspek termasuk kinerja desain dari Trolley / meja kerja SIV, simulasi static structural menggunakan software ANSYS Workbench 2021 R2. Simulasi ANSYS Workbench 2021 R2 membantu melakukan analisis rangka troli / meja kerja SIV untuk memvalidasi dari desain yang sudah ada. Simulasi ini jauh lebih praktis dan menghemat untuk merancang desain troli / meja kerja SIV sebelum memproduksi dalam bentuk prototipe fisik.

Langkah dasar dan pertama dari metode elemen hingga (MEH) adalah memodelkan struktur sebagai kumpulan bagian-bagian kecil yang berbentuk sederhana. Bagian-bagian kecil ini disebut elemen hingga. Titik-titik yang menghubungkan satu elemen dengan elemen lainnya disebut node. Proses membagi (meshing) model struktur kontinu menjadi bagian-bagian yang lebih kecil disebut proses diskritisasi, yang mengubah model kontinu menjadi model diskrit. Model diskrit ini disebut model elemen hingga. Misalnya, perhatikan model struktural kontinu yang ditunjukkan pada Gambar 2.2(a). Untuk perhitungan menggunakan MEH, struktur ini harus didiskritisasi dengan membaginya menjadi elemen-elemen persegi panjang, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2(b). Untuk model struktur yang sejak awal bersifat diskrit, diskritisasi dilakukan pada saat mengidealkan struktur. Proses pengumpulan dan penyelesaian persamaan ini dilakukan secara otomatis menggunakan komputer.[4]



Gambar 1. Model struktur rangka batang-contoh model diskrit
(Sumber : Wong Foek Tjong, 2021)

Langkah-langkah simulasi atau analisis struktur menggunakan metode elemen hingga (MEH) dijelaskan secara singkat pada Gambar 2.3.



Gambar 2 Langkah-langkah simulasi dengan metode elemen hingga

(Sumber : Wong Foek Tjong, 2021)

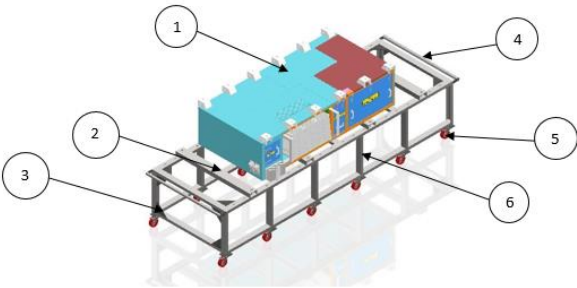
Pertama, sistem fisik, seperti struktur rangka, diidealkan dengan model matematis dari struktur tersebut, yang dapat berupa model diskrit, model kontinu, atau campuran keduanya. Selanjutnya dilakukan proses diskritisasi untuk mendapatkan model elemen hingga. Model elemen hingga kemudian diselesaikan untuk mendapatkan solusi elemen hingga. Solusi ini kemudian diinterpretasikan untuk memberikan informasi yang berguna tentang perilaku atau proses sistem fisik yang diteliti.[4].

Metode yang digunakan pada rancang bangun troli atau meja kerja SIV. Struktur rangka dianalisis menggunakan software ANSYS Workbench 2021 R2 type static structural. Analysis static structural adalah jenis simulasi yang digunakan dalam perangkat lunak ANSYS untuk mengevaluasi respons statis suatu struktur atau komponen terhadap beban yang diterapkan. Analisis ini memungkinkan pengguna untuk menentukan Von Mises Stress, Deformation, dan Safety Factor. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan dua jenis material yang akan disimulasikan yaitu mild steel dan aluminium 6061 T-6 dalam bentuk UNP/ structural channel menggunakan standart JIS G3192 .

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Desain Troli / Meja Kerja SIV

Desain troli / meja kerja SIV berdasarkan kebutuhan fasilitas produksi dan spesifikasi teknis yang telah ditentukan seperti pada gambar 3



Gambar 3. Desain troli / meja kerja SIV

Keterangan Gambar :

- 1. Static Inverter (SIV)
- 2. Frame troli / meja kerja SIV(UNP 150 x 75 x 9)
- 3. Stiffener
- 4. Pegangan troli
- 5. Heavy Duty Caster
- 6. Frame troli meja kerja SIV (UNP 100 x 50 x 5)

2. Data Desain troli / meja Kerja SIV

Berikut ini daftar lengkap komponen / bagian yang diperlukan untuk merakit troli / meja kerja SIV. Daftar part list berfungsi sebagai panduan untuk memastikan bahwa semua part / bagian yang diperlukan tersedia dan diidentifikasi dengan jelas, pada Tabel 1 ditunjukkan data desain troli / meja kerja SIV

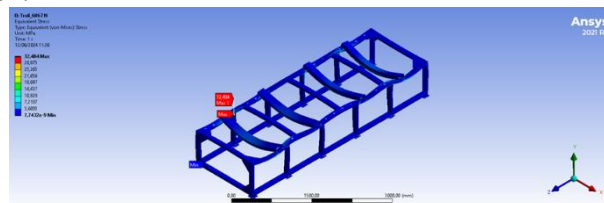
Tabel 1. Data desain troli / meja kerja SIV

No.	Description	PCS	Keterangan
1	Frame 01	2	UNP 100 x 50 x 5
2	Frame 02	3	UNP 100 x 50 x 5
3	Frame 03	4	UNP 100 x 50 x 5
4	Frame 04	1	UNP 100 x 50 x 5
5	Frame 05	1	UNP 100 x 50 x 5

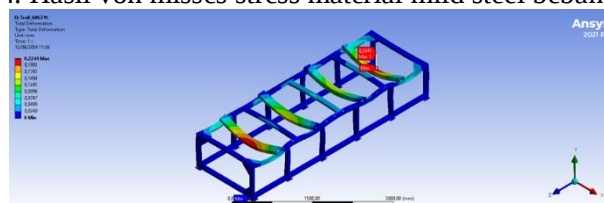
6	Frame 06	8	UNP 100 x 50 x 5
7	Frame 07	3	UNP 100 x 50 x 5
8	Frame 08	2	Diameter 48, 3 mm
9	Frame 09	4	UNP 150 x 75 x 9
10	Wheel Caster Heavy Duty	12	Hammer Caster 513 S
11	Plate handle	4	Tebal 5 mm
12	Stifener	10	Tebal 5 mm
13	Mounting	12	
14	Hex Bolt M16	8	M16
15	Hex Nut M16	8	M16
16	Hex Bolt M12	48	M12
17	Hex Nut M12	48	M12

3. Pembahasan Hasil Analisis Troli / Meja Kerja SIV Menggunakan Material Mild Steel Terhadap Beban SIV 700 kg / 6867 N

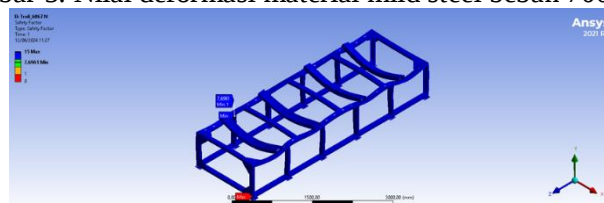
Gambar 4, gambar 5, dan gambar 6 menunjukkan hasil analisa troli / meja kerja SIV dengan variasi material mild steel dengan beban 700 kg / 6867 N menghasilkan nilai von misses stress yaitu 32,484 Mpa. Troli / meja kerja SIV mengalami perubahan bentuk / deformasi yang diperoleh sebesar 0,2241 mm, dan Nilai safety factor yang didapatkan sebesar 7,6961.



Gambar 4. Hasil von misses stress material mild steel beban 700 kg / 6867 N



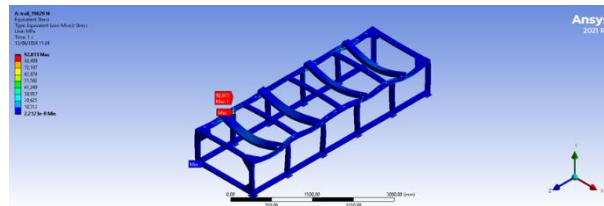
Gambar 5. Nilai deformasi material mild steel beban 700 kg / 6867 N



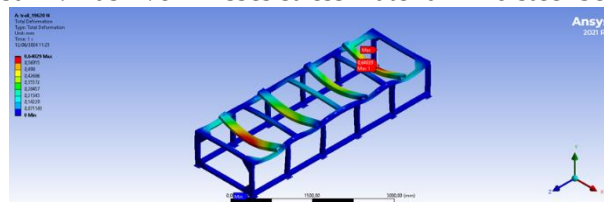
Gambar 6. Nilai safety factor material mild steel beban 700 kg / 6867 N

4. Pembahasan Hasil Analisis Troli / Meja Kerja SIV Menggunakan Material Mild Steel Terhadap Beban SIV 2000 kg / 19620 N

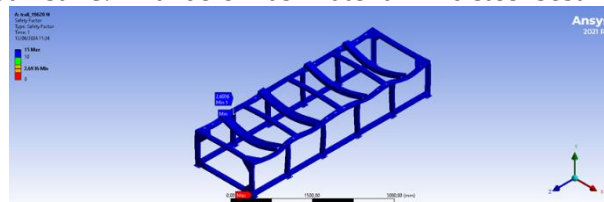
Gambar 7, gambar 8, gambar 9 menunjukkan hasil analisa troli / meja kerja SIV dengan variasi material mild steel dengan beban 2000 kg / 19620 N menghasilkan nilai von mises stress yaitu 92,811 Mpa. Troli / meja kerja SIV mengalami perubahan bentuk / deformasi yang diperoleh sebesar 0,64209 mm, dan Nilai safety factor yang didapatkan sebesar 2,69361.



Gambar 7. Hasil von mises stress material mild steel beban 19620 N



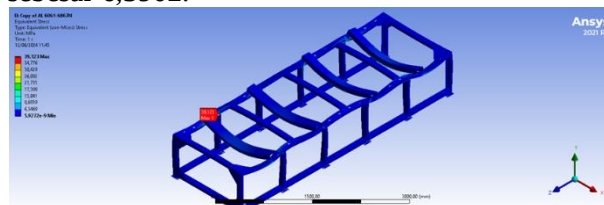
Gambar 8. Nilai deformasi material mild steel beban 19620 N



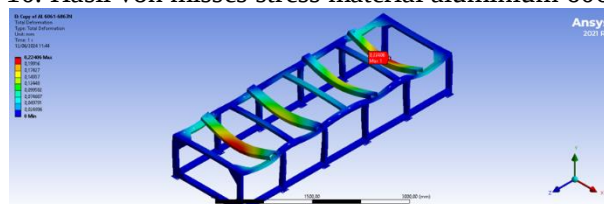
Gambar 9. Nilai safety factor material mild steel beban 19620 N

5. Pembahasan Hasil Analisis Troli / Meja Kerja SIV Menggunakan Material Aluminium 6061 T-6 Terhadap Beban SIV 700 kg / 6867 N

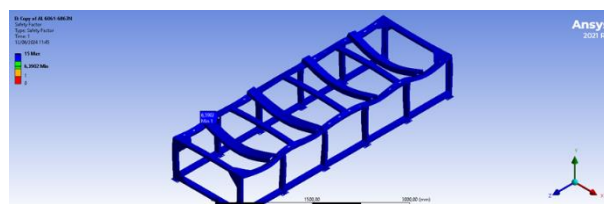
Gambar 10, gambar 11, dan gambar 12 menunjukkan hasil analisa troli / meja kerja SIV dengan variasi material aluminium 6061 dengan beban 700 kg / 6867 N menghasilkan nilai von mises stress yaitu 39,123 Mpa. Troli / meja kerja SIV mengalami perubahan bentuk / deformasi yang diperoleh sebesar 0,22406 mm, dan Nilai safety factor yang didapatkan sebesar 6,3902.



Gambar 10. Hasil von mises stress material aluminium 6061 beban 6867 N



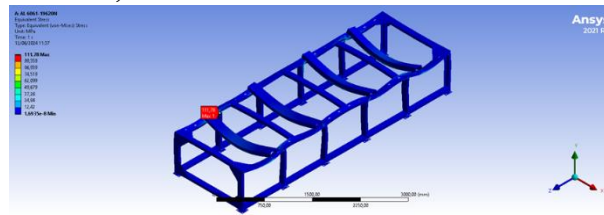
Gambar 11. Nilai deformasi material aluminium 6061 beban 6867 N



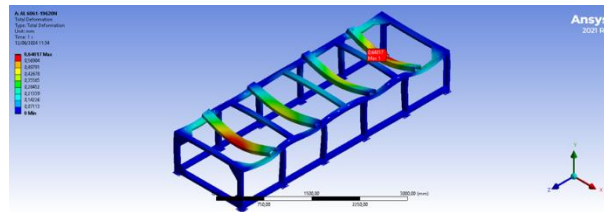
Gambar 12. Nilai safety factor material aluminium 6061 beban 6867 N

6. Pembahasan Hasil Analisis Troli / Meja Kerja SIV Menggunakan Material Aluminium 6061 T-6 Terhadap Beban SIV 2000 kg / 19620 N

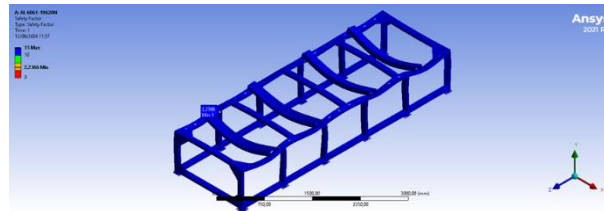
Gambar 13, gambar 14, dan gambar 15 menunjukkan hasil analisa troli / meja kerja SIV menggunakan material aluminium 6061 dengan beban 2000 kg / 19620 N menghasilkan nilai von mises stress yaitu 111,78 Mpa. Troli / meja kerja SIV mengalami perubahan bentuk / deformasi yang diperoleh sebesar 0,64017 mm, dan Nilai safety factor yang didapatkan sebesar 2,6366.



Gambar 13. Hasil von mises stress material aluminium 6061 beban 19620 N



Gambar 14. Nilai deformasi material aluminium 6061 beban 6867 N



Gambar 15. Nilai safety factor material aluminium 6061 beban 19620 N

7. Tabel Hasil Analisa Troli / Meja Kerja SIV Menggunakan Material Mild Steel Dan Aluminium 6061
1. Hasil analisis von mises stress, deformation, dan safety factor merupakan aspek penting dalam rekayasa dan desain untuk menentukan apakah material yang digunakan dalam struktur rangka troli / meja kerja SIV dapat menahan beban terhadap box SIV yang diterapkan tanpa kegagalan. Berdasarkan hasil data analisa diatas, tabel 1. hasil simulasi static structural yang dilakukan peneliti menunjukkan bahwa desain troli/meja kerja SIV dengan variasi material mild steel dengan beban 700 kg / 6867 N dan 2000 kg / 19620 N

Tabel 2. Hasil analisa troli / meja kerja SIV menggunakan material mild steel

No.	Hasil Analisis	Force	
		6867 N	19620 N
1	Von Misses Stress(Mpa)	32,484	92,811
2	Deformation(mm)	0,2241	0,64209
3	Safety Factor	7,6961	2,6936

2. Hasil analisis von mises stress, deformation, dan safety factor merupakan aspek penting dalam rekayasa dan desain untuk menentukan apakah material yang digunakan dalam struktur rangka troli / meja kerja SIV dapat menahan beban terhadap box SIV yang diterapkan tanpa kegagalan. Berdasarkan hasil data analisa diatas, tabel 2. hasil simulasi static structural yang dilakukan peneliti menunjukkan bahwa desain troli/meja kerja SIV dengan variasi material aluminium 6061 T-6 dengan beban 700 kg / 6867 N dan 2000 kg / 19620 N

Tabel 3. Hasil analisa troli / meja kerja siv menggunakan material aluminium 6061 T-6

No.	Hasil Analisis	Force	
		6867 N	19620 N
1	Von Misses Stress(Mpa)	39,123	111,78
2	Deformation(mm)	0,22406	0,64017
3	Safety Factor	6,3902	2,2366

4. KESIMPULAN

1. Hasil penelitian simulasi dan analisa troli / meja kerja SIV dengan material UNP / structural channel standard JIS G3192 mild steel (ASTM A36) , yang pada beban 700 kg / 6867 N memiliki nilai von mises sebesar 32,484 Mpa , nilai deformation sebesar 0,2241 mm , dan nilai safety factor sebesar 7,6961 sedangkan pada beban 2000 kg / 19620 N memiliki nilai von mises stress sebesar 92,811 Mpa, nilai deformasi sebesar 0,64209, dan nilai safety factor sebesar 2,6936.
2. Hasil penelitian simulasi dan analisa troli / meja kerja SIV dengan material UNP / structural channel standard JIS G3192 aluminium 6061 T-6 , yang pada beban 700 kg / 6867 N memiliki nilai von mises sebesar 39,123 Mpa, nilai deformation sebesar 0,22406 mm, dan nilai safety factor sebesar 7,6961 sedangkan pada beban 2000 kg / 19620 N memiliki nilai von mises stress sebesar 111,78 Mpa, nilai deformasi sebesar 0,64017 mm, dan nilai safety factor sebesar 2,6366.
3. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa desain troli / meja kerja SIV menggunakan material mild steel lebih unggul karena memiliki nilai von mises stress yang lebih rendah, deformasi yang lebih kecil dan safety factor yang lebih tinggi, sehingga menunjukkan bahwa desain troli / meja kerja SIV menggunakan material mild steel lebih kuat dan aman untuk digunakan.

4. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Bagus P, K. Ayuhikmatin S, I. p. A. Assagaf, and I. R. Putra, “Studi Numerik Pengaruh Variasi Pembebanan Troli Pengangkut Barang Di Laboratorium Manufaktur Itny Terhadap Analisis Struktur Menggunakan Metode Elemen Hingga,” *J. Energy, Mater. Manuf. Technol.*, 2023.
- [2] R. K. Sari and Y. Yusmita, “Design And Build Transport Manual Material Handling(MMH) Trolley Based on Ergonomic,” 2021.
- [3] L. Ari and N. Wibawa, “DESAIN DAN ANALISIS KEKUATAN RANGKA MEJA KERJA (WORKBENCH) BALAI LAPAN GARUT MENGGUNAKAN Lasinta Ari Nendra Wibawa,” vol. 3, no. 1, pp. 13–17, 2019.
- [4] W. F. Tjong, *Pengantar Metode Elemen Hingga Untuk Analisis Struktur*. 2021.
- [5] Awwaludin, M. B. “Rancangan Special Trolley Sebagai Equipment Penunjang Pekerjaan Perawatan Pesawat” (Doctoral dissertation, Politeknik Penerbangan Surabaya). 2021.
- [6] Dapas, S. O. “Aplikasi Metode Elemen Hingga Pada Analisis Struktur Rangka Batang”. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*. 2011.
- [7] Openshaw, Scott. “*Ergonomics and Design A Reference Guide*”. Washington DC. Allsteel Inc. 2006.
- [8] Budynas, & Nisbett. “Shigley’s Mechanical Engineering Design, Eighth Edition. Analysis”, 1059. 2006.
- [9] Cook, R. D. “Konsep Dan Aplikasi Metode Elemen Hingga. Drugs of the Future”, 23(3), 266–270. 1998.
- [10] Shubham S. Shiwardkar, Sagar D. Pairag, & Prof. Shailendra R. Zaveri. “Design and Fabrication of Easy Handling Trolley”. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 5(5), 1–5. 2018.